

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 167 923 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(51) Int Cl.7: G01C 21/34, G08G 1/0969

(21) Anmeldenummer: 01112685.1

(22) Anmeldetag: 25.05.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH  
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: Hahlweg, Cornelius  
31139 Hildesheim (DE)

(30) Priorität: 23.06.2000 DE 10030896

(54) **Digitale Strassenkarte und Navigationsverfahren unter Benutzung einer digitalen Strassenkarte**

(57) Die Erfindung betrifft eine digitale Straßenkarte, bei welcher Streckenabschnitte durch mehrere Punkte, insbesondere durch deren Koordinaten, definiert sind, bei der ferner der Höhenverlauf der Streckenabschnitte in Abhängigkeit von der Weglänge auf dem Streckenabschnitt definiert ist. Bei einem Navigations-

verfahren unter Benutzung einer digitalen Straßenkarte, die Informationen zum Höhenverlauf der Streckenabschnitte enthält, werden die jeweils auf einem Streckenabschnitt zurückgelegte Weglänge und die Höhe eines Fahrzeugs ermittelt. Die Höhe wird mit der Höheninformation der Straßenkarte für die zurückgelegte Wegstrecke verglichen.

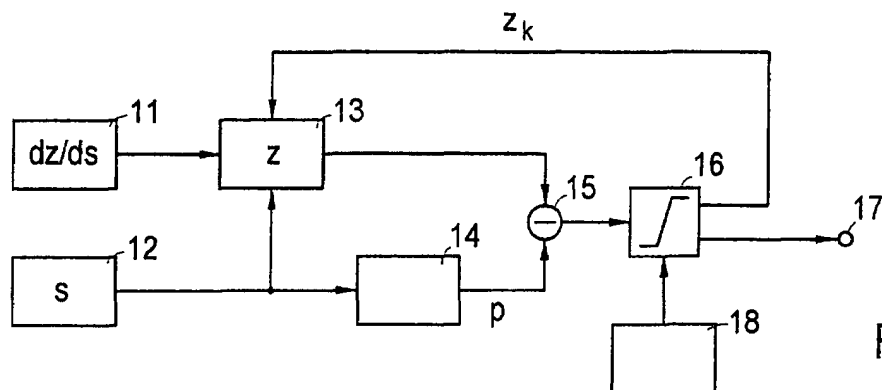


Fig. 1

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine digitale Straßenkarte, bei welcher Streckenabschnitte durch mehrere Punkte, insbesondere durch deren Koordinaten, definiert sind, und ein Navigationsverfahren unter Benutzung einer digitalen Straßenkarte, die Informationen zum Höhenverlauf der Streckenabschnitte aufweist.

**[0002]** Bekannte Navigationssysteme für Kraftfahrzeuge arbeiten mit digitalen Straßenkarten, auch Vektorkarten genannt, die das Straßennetz zweidimensional abbilden. Entsprechend erfolgt auch die Ortung nur zweidimensional. Unter gewissen Umständen, beispielsweise bei mehrstöckigen Fahrbahnen, ist jedoch auch das Verfolgen des Höhenverlaufs der Strecke von Interesse. Für eine Höhenmessung ist die Genauigkeit der derzeitigen Satelliten-Navigationssysteme jedoch nicht ausreichend.

**[0003]** Aufgabe ist es daher, ein Verfolgen der Höhe per Map-Matching zu erlauben. Dieses wird bei der erfindungsgemäßen Straßenkarte dadurch erzielt, daß ferner der Höhenverlauf der Streckenabschnitte in Abhängigkeit von der Weglänge auf dem Streckenabschnitt definiert ist.

**[0004]** Die erfindungsgemäße digitale Straßenkarte kann auf geeigneten Datenträgern abgelegt sein oder über geeignete Übertragungsverfahren zur Verfügung gestellt werden. Um die zur Speicherung bzw. Übertragung des Höhenverlaufs erforderliche Datenmenge möglichst gering zu halten, ist bei einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Straßenkarte vorgesehen, daß der Höhenverlauf durch Koeffizienten eines Polynoms definiert ist, das dem Höhenverlauf angenähert ist und dessen laufende Variable die Weglänge auf dem Streckenabschnitt ist. Durch diese Weiterbildung erhöht sich der Datenaufwand gegenüber einer digitalen Straßenkarte ohne Höheninformation nur unwesentlich. Insbesondere wird dabei die Tatsache ausgenutzt, daß Höhenänderungen einer Straße über den laufenden Weg sich wesentlich "glatter" gestalten als der Verlauf dieser Straße in der Ebene. Mit der erfindungsgemäßen digitalen Straßenkarte können Ortungsmehrdeutigkeiten, beispielsweise an mehrstöckigen Autobahnkreuzen oder an Serpentin im Gebirge, weitgehend verhindert werden.

**[0005]** Eine gute Annäherung an den tatsächlichen Höhenverlauf einer Straße wird bei einer vorteilhaften Weiterbildung dadurch erzielt, daß die Annäherung durch die Methode der kleinsten Abstandsquadratsumme an ausgewählten Punkten erfolgt.

**[0006]** Zur weiteren Ersparnis der zusätzlichen Datenmenge trägt eine andere vorteilhafte Ausgestaltung bei, die darin besteht, daß nur für ausgewählte Streckenabschnitte der Höhenverlauf definiert ist.

**[0007]** Bei einem Navigationsverfahren unter Benutzung einer digitalen Straßenkarte, die Informationen zum Höhenverlauf der Streckenabschnitte aufweist, wird die erfindungsgemäße Aufgabe dadurch gelöst, daß die jeweils auf einem Streckenabschnitt zurückgelegte Weglänge und die Höhe eines Fahrzeugs ermittelt werden und daß die Höhe mit der Höheninformation der Straßenkarte für die zurückgelegte Wegstrecke verglichen wird. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Höhe des Fahrzeugs durch Interpolation der Neigung des Fahrzeugs ermittelt wird. Geeignete Neigungssensoren für Fahrzeuge stehen zur Verfügung.

**[0008]** Um Ortungsmehrdeutigkeiten zu vermeiden, kann dabei vorgesehen sein, daß das Vergleichsergebnis zu einer Plausibilitätsprüfung benutzt wird, ob sich das Fahrzeug auf dem Streckenabschnitt befindet. In DE 197 48 127 A1 wird in Verbindung mit einer Koppelortung ein Neigungssensor beschrieben. Bei derartigen Systemen kann das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft dadurch angewendet werden, daß das Vergleichsergebnis zur Korrektur einer durch Koppelung ermittelten Höhe des Fahrzeugs benutzt wird. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, daß das Vergleichsergebnis zum Abspalten einer zur Höheninformation aufzuintegrierenden Höhenkomponente der Beschleunigung benutzt wird.

**[0009]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 einen Streckenabschnitt als Projektion auf die x/y-Ebene,

Fig. 3 den Höhenverlauf in der x-Ebene,

Fig. 4 den Höhenverlauf über die Weglänge und

Fig. 5 die Nachbildung des Höhenverlaufs mittels einer Näherung durch ein Polynom.

**[0010]** Fig. 2 zeigt die für digitale Straßenkarten typische Draufsicht eines Streckenabschnittes 1 von A bis B mit einer Reihe von Stützpunkten 2. Die Koordinaten y und x sind beispielsweise die geographischen Koordinaten, während die in Fig. 3 dargestellte z-Achse die Höhe bedeutet, die in Fig. 3 über der x-Achse aufgetragen ist. Da jedoch für ein auf der Straße 1 fahrendes Fahrzeug der Höhenverlauf über den jeweils zurückgelegten Weg s interessant ist, wird

## EP 1 167 923 A2

der Höhenverlauf über den Weg  $s$  berechnet, was in Fig. 4 dargestellt ist. Dieser Höhenverlauf, der durch eine in den Figuren nicht dargestellte Anzahl von Stützpunkten repräsentiert wird, wird für Zwecke des erfindungsgemäßen Verfahrens durch ein Polynom angenähert, das in Fig. 5 gestrichelt dargestellt ist.

[0011] Die Nachbildung des Höhenverlaufs erfolgt zur Erstellung der digitalen Straßenkarte durch einen Offline-Prozeß, wobei das Profil  $z=f(s)$  ist. Somit wird ein Datensatz erhalten:

$$z(s[n]) = z(n), n = 1 \dots N.$$

[0012] Diesem Datensatz wird mittels Fehlerbetragsquadratmethode ein Polynom

$$p(n) = a_0 + a_1 \cdot s(n) + a_2 \cdot s(n)^2 + a_3 \cdot s(n)^3$$

angenähert. Dies erfolgt mit der Forderung

$$\sum_n (h(n) - p(n))^2 \rightarrow \text{Min.}$$

[0013] Das Nullsetzen der partiellen Ableitungen nach den Koeffizienten  $a_0$  bis  $a_3$  liefert ein leicht zu lösendes lineares Gleichungssystem:

$$\begin{vmatrix} \sum h_n \\ \sum h_n s_n \\ \sum h_n s_n^2 \\ \sum h_n s_n^3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum 1 & \sum s_n & \sum s_n^2 & \sum s_n^3 \\ \sum s_n & \sum s_n^2 & \sum s_n^3 & \sum s_n^4 \\ \sum s_n^2 & \sum s_n^3 & \sum s_n^4 & \sum s_n^5 \\ \sum s_n^3 & \sum s_n^4 & \sum s_n^5 & \sum s_n^6 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{vmatrix}$$

[0014] Als Datenformat kann beispielsweise jedem Streckenabschnitt eine Liste der Koeffizienten des die Höhe beschreibenden Polynoms angehängt werden. Dazu wird ein Status-Bit für die Koeffizientenliste gesetzt. Aus der Länge der Liste ergibt sich dann direkt der angesetzte Grad des Polynoms. Ein solches Datenformat lautet dann beispielsweise:

StreckenElement

[0015]

status & koefList = true

... (Statusbit gesetzt)

listelements

... (Listenbeschreibung)

koeflist

... (Liste)

[0016] Fig. 1 zeigt als Ausführungsbeispiel die einem Navigationssystem hinzuzufügende Teilsysteme für einen zusätzlichen Abgleich bezüglich der Höhe. Mit Hilfe geeigneter Sensoren wird bei 11 und 12 die Neigung  $dz/ds$  und die Strecke  $s$  ermittelt. Daraus wird bei 13 die Höhe  $z$  gebildet. Der Weg  $s$  wird zum Berechnen des zugehörigen Polynomwertes bei 14 verwendet.  $z$  und  $p$  werden bei 15 subtrahiert.

[0017] Die Differenz wird einem Entscheider 16 zugeleitet. Dem Entscheider 16 werden außerdem von einem Ortungssystem (beispielsweise GPS) 18 die durch Ortung gewonnenen  $x/y$ -Koordinaten zugeführt. Bei größerer Abweichung wird ein Korrekturwert  $z_k$  dem aus  $dz/ds$  und  $s$  gebildeten  $z$  hinzugefügt. Außerdem erzeugt der Entscheider 16 ein Plausibilitätsbit, das einem Ausgang 17 zugeleitet wird. Dieses besagt, ob das Fahrzeug sich auf der durch die

Ortung angenommenen Straße befindet oder wegen einer abweichenden Höhe auf einer anderen.

#### Patentansprüche

- 5
1. Digitale Straßenkarte, bei welcher Streckenabschnitte durch mehrere Punkte, insbesondere durch deren Koordinaten, definiert sind, **dadurch gekennzeichnet, daß** ferner der Höhenverlauf der Streckenabschnitte (1) in Abhängigkeit von der Weglänge auf dem Streckenabschnitt definiert ist.
  - 10 2. Digitale Straßenkarte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Höhenverlauf durch Koeffizienten eines Polynoms definiert ist, das dem Höhenverlauf angenähert ist und dessen laufende Variable die Weglänge auf dem Streckenabschnitt (1) ist.
  3. Digitale Straßenkarte nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Annäherung durch die Methode der kleinsten Abstandsquadratsumme an ausgewählten Punkten erfolgt.
  - 15 4. Digitale Straßenkarte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** nur für ausgewählte Streckenabschnitte (1) der Höhenverlauf definiert ist.
  - 20 5. Navigationsverfahren unter Benutzung einer digitalen Straßenkarte, die Informationen zum Höhenverlauf der Streckenabschnitte enthält, **dadurch gekennzeichnet, daß** die jeweils auf einem Streckenabschnitt zurückgelegte Weglänge und die Höhe eines Fahrzeugs ermittelt werden und daß die Höhe mit der Höheninformation der Straßenkarte für die zurückgelegte Wegstrecke verglichen wird.
  - 25 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Höhe des Fahrzeugs durch Interpolation der Neigung des Fahrzeugs ermittelt wird.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vergleichsergebnis zu einer Plausibilitätsprüfung benutzt wird, ob sich das Fahrzeug auf dem Streckenabschnitt befindet.
  - 30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vergleichsergebnis zur Korrektur einer durch Koppelung ermittelten Höhe des Fahrzeugs benutzt wird.
  9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Fahrzeug mit einem Neigungs- und Beschleunigungssensor ausgerüstet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vergleichsergebnis zum Abspalten einer zur Höheninformation aufzuintegrierenden Höhenkomponente der Beschleunigung benutzt wird.
  - 35
- 40
- 45
- 50
- 55

R. 38847

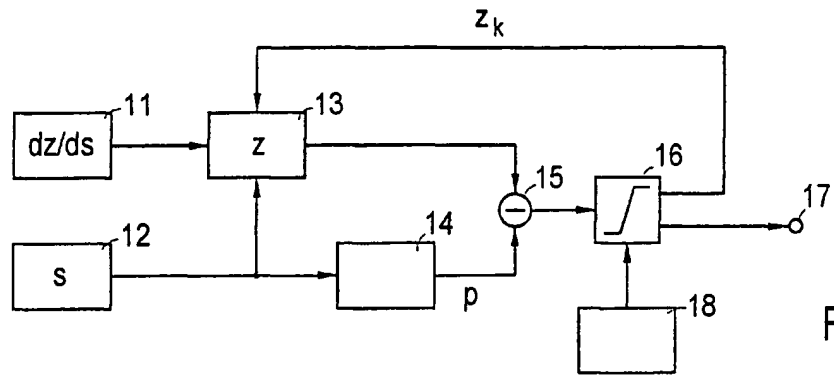


Fig.1

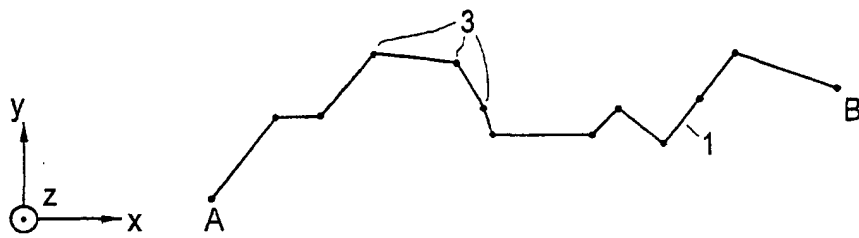


Fig.2



Fig.3

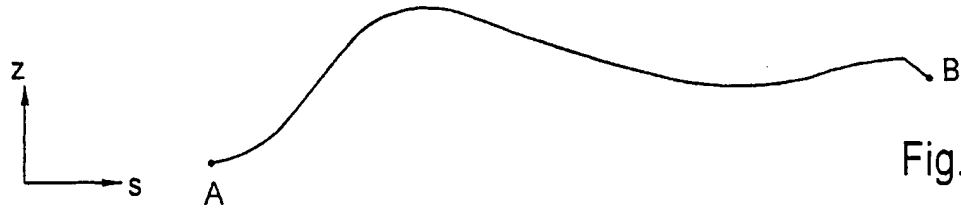


Fig.4



Fig.5